# الوحدة 7

# الطاقة الخلوية





## تجربة استهلالية
## كيف تتحول الطاقة؟

إنّ تدفق الطاقة في الأنظمة الحيوية تحرّكه تفاعلات وعمليات كيميائية مختلفة. تتحوّل الطاقة من طاقة الشمس الإشعاعية إلى طاقة كيميائية، ثم إلى أشكال أخرى من الطاقة. ستطّلع في هذه التجربة على اثنتين من عمليات تحوُّل الطاقة.

**المطويات®**

**قم بإعداد** مطوية ثلاثية الجيوب لتنظيم ملاحظاتك حول مراحل التنفس الخلوي.

صبغ

التحلل السكري | دورة كربس | نقل الإلكترونات




## الموضوع المحوري الطاقة

الشمس هي المصدر الرئيس لمعظم الطاقة على سطح الأرض.

**الفكرة الرئيسة** تحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين تُستَخدم الطاقة الكيميائية للقيام بالوظائف الحيوية في عملية التنفّس الخلوي.

# القسم 1

### الأسئلة الرئيسة

- ما قانونا الديناميكية الحرارية؟
- ما الفرق بين مسار البناء ومسار الهدم؟
- ما آلية عمل الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)؟

### مفردات للمراجعة

**المستوى الغذائي trophic level**: كل مرحلة في سلسلة أو شبكة غذائية

### مفردات جديدة

الطاقة energy
الديناميكية الحرارية thermodynamics
الأيض metabolism
البناء الضوئي photosynthesis
التنفس الخلوي cellular respiration
ادينوسين ثلاثي الفوسفات adenosine triphosphate (ATP)

# كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة

**الفكرة الرئيسة** تستخدم جميع الكائنات الحية الطاقة في وظائفها الحيوية.

**الربط مع الحياة اليومية** يُطلق أحيانًا على مدينة نيويورك اسم "المدينة التي لا تنام". إن الخلايا الحية تشبه المدن الكبيرة الدائمة الحركة من حيث نشاطها المستمر.

## تحوُّل الطاقة

إنّ العديد من التفاعلات الكيميائية والعمليات داخل الخلايا لا تتوقف حتى في الوقت الذي قد نظن فيه أننا لا نستهلك طاقة؛ فالجزيئات الضخمة تتكوّن وتتحلّل، والمواد تنتقل عبر أغشية الخلايا والمعلومات الوراثية تُنقل. تحتاج كل هذه الأنشطة الخلوية إلى **الطاقة**، وهي القدرة على بذل شغل. أما **الديناميكية الحرارية**، فهي دراسة تدفق الطاقة وتحوّلها في الكون. يبيّن **الشكل 1** بعض التطوّرات الكبرى في دراسة الطاقة الخلوية.

**قانونا الديناميكية الحرارية** يُطلق على القانون الأول للديناميكية الحرارية اسم **قانون حفظ الطاقة**، وهو ينصّ على أنه يمكن للطاقة أن تتحول من شكل إلى آخر ولكن لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث. فعلى سبيل المثال، عند تناول الطعام تتحول الطاقة المخزنة فيه إلى طاقة كيميائية، و تتحول هذه الطاقة إلى طاقة ميكانيكية عند الركض أو ركل الكرة مثلًا.

■ الشكل 1
**فهم الطاقة الخلوية**

أدت الاكتشافات العملية إلى فهم أعمق لكلّ من عمليتيّ البناء الضوئي والتنفُّس الخلوي.

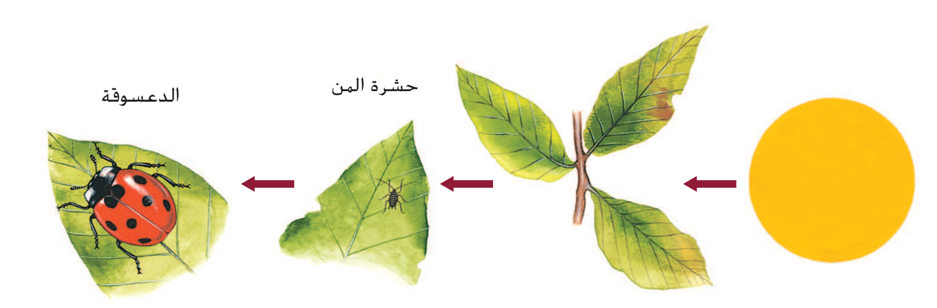
**1980** اكتشف جايمي ميكيل خلال دراسته للأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا) في ذباب الفاكهة والفئران الدليل الأول على أنّ توقف تلك الأجسام عن العمل يسبب الهرم.

**2002** اقترحت جوزفين إس موديكا-نابوليتانو أنّ الاختلافات بين الأجسام الفتيلية السليمة والسرطانية قد تؤدي إلى الكشف المبكر عن السرطان وإلى بعض العلاجات الجديدة.

1960 — 1980 — 2000

**1993** اكتُشفت أحافير لأقدم الخلايا بدائية النواة المعروفة، وثبت أنّ هذه الخلايا كانت تقوم بعملية البناء الضوئي.

**2009** أظهرت الأبحاث احتمالية وجود علاقة بين الاضطرابات في الأجسام الفتيلية وبعض الأمراض مثل باركنسون والزهايمر.



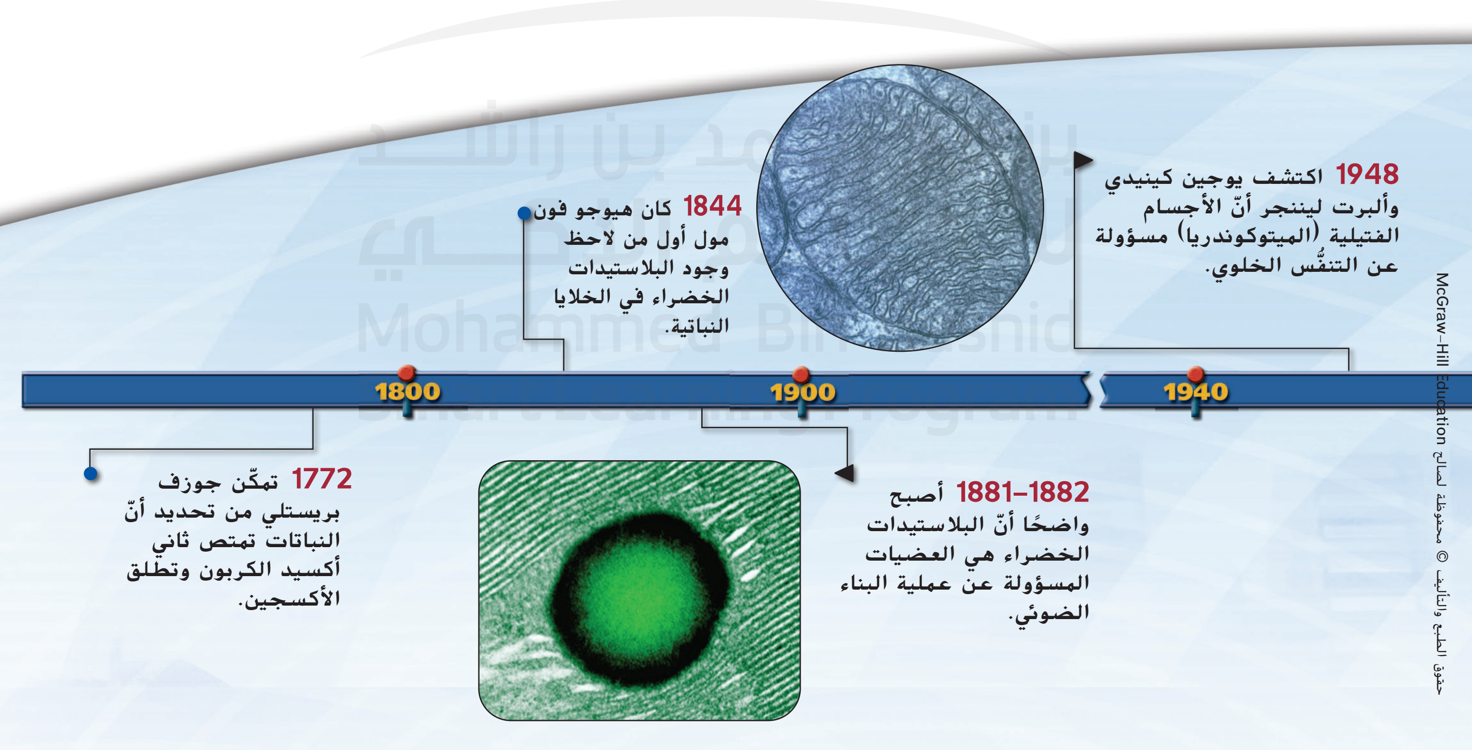

■ **الشكل 2** تُعدّ الشمس المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في الكائنات الحية، وتنتقل الطاقة من الكائنات ذاتية التغذية إلى الكائنات غير ذاتية التغذية.

**اربط بين قانونَي الديناميكية الحرارية والكائنات الحية في هذا الشكل.**

ينص القانون الثاني للديناميكية الحرارية على **أنّ الطاقة لا تتحول دون فقدان بعض من الطاقة المستخدمة**. وتتحوّل الطاقة "المفقودة" عادةً إلى طاقة حرارية. يُعدّ الإنتروبي مقياس الخلل أو الطاقة غير المستخدمة في نظام ما. لهذا، يمكن أن نطلق على القانون الثاني للديناميكية الحرارية اسم **"زيادة الإنتروبي"**. وتُعتَبر السلسلة الغذائية مثالًا واضحًا على القانون الثاني للديناميكية الحرارية. تذكّر أن مقدار الطاقة المتوفرة والقابلة للاستخدام يتناقص بين مستوى غذائي معيّن والمستوى الذي يليه ضمن السلسلة الغذائية الواحدة.

## المفردات
### أصل الكلمة
**ذاتي التغذية AUTOTROPH**
مشتقة من الكلمة اليونانية *autotrophos*، وتعني صنع الكائن الحي لغذائه بنفسه

**الكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية** تحتاج كل الكائنات الحية إلى الطاقة لتبقى على قيد الحياة، والشمس هي تقريبًا، بشكل مباشر أو غير مباشر، المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في الحياة. تصنع بعض الكائنات الحية غذاءها بنفسها، بينما يحتاج البعض الآخر إلى أن يحصل عليه من كائنات أخرى. **فالكائنات ذاتية التغذية** هي التي تستطيع صنع غذائها بنفسها. والجدير بالذكر أنّ بعض الكائنات ذاتية التغذية، تستخدم مواد غير عضوية مثل كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) كمصدر للطاقة وهي تُسمّى الكائنات **ذاتية التغذية الكيميائية**. إنّ بعض الكائنات ذاتية التغذية مثل النبات في **الشكل 2**، تحوّل الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية، ويُطلق على الكائنات ذاتية التغذية التي تحوّل الطاقة من الشمس اسم الكائنات **ذاتية التغذية الضوئية**. أما الكائنات غير ذاتية التغذية مثل حشرة المن والدعسوقة في **الشكل 2**، فتحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.



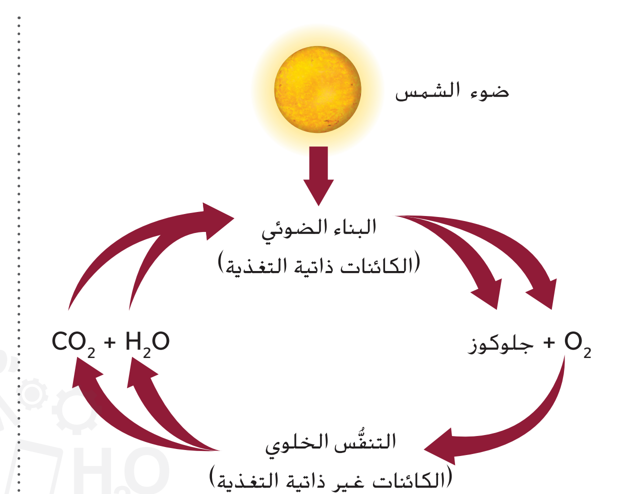
## الأيض

تُعرف كل التفاعلات الكيميائية في الخلية باسم **الأيض الخلوي**. إن سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تتكون فيها المادة المنتَجة من إحدى التفاعلات هي **المادة المتفاعلة**: في التفاعل التالي تُعرف بالمسار الأيضي. وتشمل المسارات الأيضية نوعين رئيسين: مسارات الهدم ومسارات البناء. تُطلق مسارات الهدم الطاقة نتيجة لتحلّل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مسارات البناء، فتستخدم الطاقة التي أطلقتها مسارات الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئات صغيرة. ويَنتج عن هذه العلاقة بين مسارات الهدم ومسارات البناء تدفق مستمر للطاقة داخل الكائن الحي.

تتدفق الطاقة باستمرار بين التفاعلات الأيضية للكائنات الحية في النظام البيئي. لاحظ الطبيعة الدورية لهاتين العمليتين الأيضيتين في **الشكل 3**، حيث تكون نواتج أحد التفاعلات متفاعلات في التفاعل الآخر.

إنّ **البناء الضوئي** عبارة عن مسار بناء تتحول فيه طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية. في هذا النوع من التفاعل، تستخدم الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون والماء في تكوين الجلوكوز والأكسجين. يمكن للطاقة المخزّنة في الجلوكوز الناتج عن عملية البناء الضوئي أن تنتقل إلى كائنات حية أخرى عند استهلاكها هذه الجزيئات في صورة غذاء.

إنّ **التنفُّس الخلوي** عبارة عن مسار هدم تتحلّل فيه الجزيئات العضوية مطلقةً طاقة تستخدمها الخلية. في عملية التنفُّس الخلوي، يُستخدم الأكسجين في تكسير الجزيئات العضوية، فينتج عن ذلك تكوّن ثاني أكسيد الكربون والماء.




**الشكل 3** في النظام البيئي، يكوّن البناء الضوئي والتنفُّس الخلوي دورة متكاملة.
**حدِّد** مسارات البناء والهدم في هذا الشكل.

**مراجعة** في ضوء ما قرأته عن أشكال تحوُّل الطاقة، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟



# تجربة مصغرة 1

## ربط البناء الضوئي بالتنفُّس الخلوي

**كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا في النظام البيئي؟** استخدم كاشفًا كيميائيًا لمعرفة طريقة انتقال ثاني أكسيد الكربون أثناء عمليتَي البناء الضوئي والتنفُّس الخلوي.

### الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. حضِّر جدول بيانات لتسجل المحتويات وظروف التعامل واللون في البداية وفي النهاية لأنبوبَي اختبار.
3. أضف 100 mL من **محلول بروموثيمول الأزرق** (BTB) في **إناء** (**أو الفينول الأحمر وهو خيار لدواعي السلامة**). واستخدم **ماصة** لتنفخ برفق في المحلول إلى أن يتحول لونه إلى الأصفر. **تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج فقاقيع من المحلول أو تصاب بالصداع. وإياك أن تشفط المحلول بالماصة.**
4. املأ ثلاثة أرباع كلًّا من **أنبوبَي اختبار** كبيرين بمحلول BTB الأصفر اللون (أو الفينول الأحمر).
5. قم بتغطية أحد أنبوبَي الاختبار بكامله **بورق الألومنيوم**. ضع غصنًا من نبتة مائية طوله 6 cm في كلا الأنبوبين، ثم أدخل **السدادات** في الأنبوبين، وأخيرًا ضعهما في **حامل أنابيب** مسلّطًا عليهما ضوءًا ساطعًا طوال الليل.
6. سجِّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

### التحليل

1. **اذكر** الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.
2. **اشرح** كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي بعضهما على بعض.

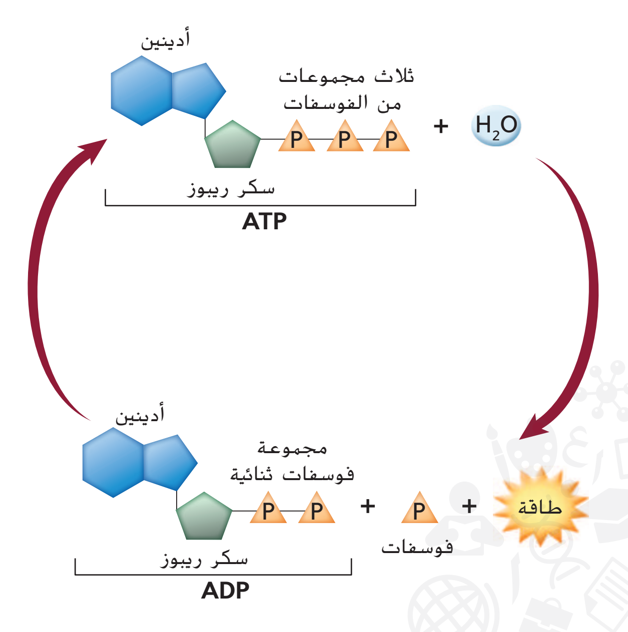
# أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP): وحدة الطاقة الخلوية

**الــربط بالكـيـمياء** للطاقة أشكال عديدة، منها الطاقة الضوئية والطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية.

ففي الكائنات الحية، تُخزَّن الطاقة الكيميائية في الجزيئات الحيوية وبإمكانها أن تتحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة عند الحاجة. على سبيل المثال، تتحوّل الطاقة الكيميائية المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات. ويُعدّ **أدينوسين ثلاثي الفوسفات** (ATP) أهم الجزيئات الحيوية التي تزوّد الخلايا بالطاقة الكيميائية.

**تركيب جزيء ATP** يُعدّ جزيء ATP مخزنًا متعدد الأغراض للطاقة الكيميائية التي يمكن للخلايا استخدامها في تفاعلات متنوعة. وبالرغم من وجود جزيئات ناقلة أخرى تنقل الطاقة داخل الخلايا، يُعدّ جزيء ATP ناقل الطاقة الأكثر انتشارًا في الخلايا، حيث أنّه موجود في كل أنواع الكائنات الحية. وكما هو مبيّن في **الشكل 4**، فإن جزيء ATP عبارة عن نيوكليوتيد يتكوّن من قاعدة من الأدينين وسكر ريبوز و ثلاث مجموعات من الفوسفات.

**وظيفة جزيء ATP** يطلق جزيء ATP الطاقة عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة، مكوّنًا جزيئًا اسمه **أدينوسين ثنائي الفوسفات** (ADP) ومجموعة فوسفات حرة، كما هو مبيَّن في **الشكل 4**. وتُخزَّن الطاقة في الرابطة الفوسفاتية التي تتكوّن عند استقبال جزيء ADP مجموعة فوسفات ليتحوّل إلى جزيء ATP. كما هو مبيَّن في **الشكل 4** ، يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP، وبالعكس، عن طريق إضافة مجموعة فوسفات أو إزالتها. وأحيانًا يصبح جزيء ADP **أدينوسين أحادي الفوسفات** (AMP) عن طريق فقدان مجموعة أخرى من الفوسفات. تجدر الإشارة إلى أنّ مقدار الطاقة المنطلقة من هذا التفاعل أقل، لذا فإن معظم تفاعلات الطاقة في الخلايا تتضمن جزيئات ATP و ADP.




■ **الشكل 4** ينتج عن تحلّل جزيء الATP طاقة تدعم الأنشطة الخلوية في الكائنات الحية.

## القسم 1 مراجعة

### ملخص القسم

- إن قانونَي الديناميكية الحرارية يضبطان انتقال الطاقة وتحوّلها في الكائنات الحية.
- تصنع بعض الكائنات غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الطعام الذي تبتلعه وتهضمه من خلال السلسلة الغذائية.
- تخزّن الخلايا الطاقة وتطلقها من خلال تفاعلات الهدم والبناء المترابطة.
- إنّ الطاقة المنطلقة من تحلّل جزيء ATP هي التي تحرّك الأنشطة الخلوية.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدِّد** المصدر الرئيس للطاقة في الكائنات الحية.
2. **اذكر** مثالًا على قانون الديناميكية الحرارية الأول.
3. **قارن وقابل** بين مسارات البناء ومسارات الهدم.
4. **اشرح** الطريقة التي يخزّن بها جزيء ATP الطاقة ويحرّرها.

### التفكير الناقد

الكـتابة فـي عـلـم الأحـيـاء

5. اكتب مقالًا تصف فيه قوانين الديناميكية الحرارية، واستخدم أمثلة من علم الأحياء لتدعم أفكارك.
6. **ابتكر** تشبيهًا لتصف العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفُّس الخلوي.

## الأسئلة الرئيسة

- ما مرحلتا عملية البناء الضوئي؟
- ما وظيفة البلاستيدة الخضراء أثناء التفاعلات الضوئية؟
- كيف يمكن وصف عملية نقل الإلكترون ورسمها في مخطط بياني؟

## مفردات للمراجعة

**الكربوهيدرات carbohydrate:** مركّبات عضوية تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين والأكسجين بنسبة 1:2:1 عادةً

## مفردات جديدة

| | |
|---|---|
| الثايلاكويد | thylakoid |
| الحبيبة الكلوروفيلية (الجرانم) | granum |
| الحشوة | stroma |
| الصبغة | pigment |
| $NADP^+$ | $NADP^+$ |
| حلقة كالفن | calvin cycle |
| روبيسكو | rubisco |

# البناء الضوئي

**الفكرة الرئيسة** **أثناء عملية البناء الضوئي، تُحبَس الطاقة الضوئية وتتحوّل إلى طاقة كيميائية.**

**الربط مع الحياة اليومية** تتحوّل الطاقة من حولنا كل يوم. فالبطاريات تُحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وتُحوّل أجهزة الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة، تُحوّل بعض الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

## نظرة عامة على عملية البناء الضوئي

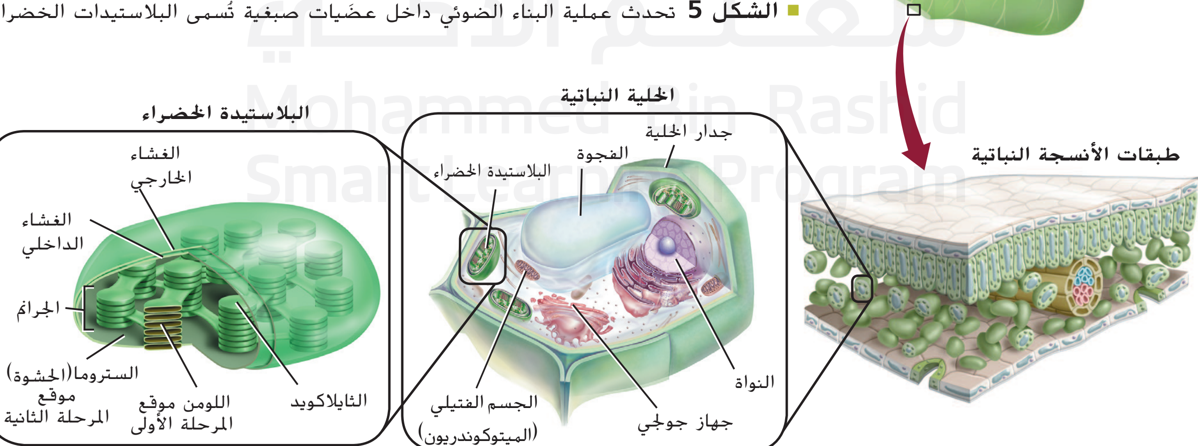
إن معظم الكائنات ذاتية التغذية، ومنها النباتات، تصنع مركّبات عضوية مثل السكريات من خلال عملية تُسمى البناء الضوئي. تذكَّر أن عملية البناء الضوئي هي عملية تتحوّل فيها الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. في ما يلي المعادلة الكيميائية الشاملة لعملية البناء الضوئي.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تحدث عملية البناء الضوئي على **مرحلتين**. يحدث كل منهما في أحد الموقعين الموضّحين في **الشكل 5**. يمكن للنواتج النهائية لعملية البناء الضوئي أن تُستخدم في تكوين جزيئات عضوية أخرى مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.

في المرحلة الأولى تحدث التفاعلات الضوئية في ستروما البلاستيدة الخضراء، حيث تُمتَص الطاقة الضوئية ثم تُحوَّل إلى طاقة كيميائية في صورة جزيئات من أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) و NADPH.

في المرحلة الثانية، فتحدث تفاعلات لاضوئية في حشوة البلاستيدة الخضراء، حيث تُستخدم جزيئات ATP و NADPH التي تكونت في المرحلة الأولى لإنتاج الجلوكوز الذي يمكن أن يتحد لاحقًا مع جزيئات أخرى من السكريات البسيطة لتكوين جزيئات أكبر حجمًا، إن هذه الجزيئات الأكبر حجماً تكون عبارة عن كربوهيدرات معقّدة مثل النشويات. تذكَّر أن الكربوهيدرات تتكوّن من وحدات متكررة من جزيئات عضوية أصغر حجمًا.




**الشكل 5** تحدث عملية البناء الضوئي داخل عضيات صبغية تُسمى البلاستيدات الخضراء.

# المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية

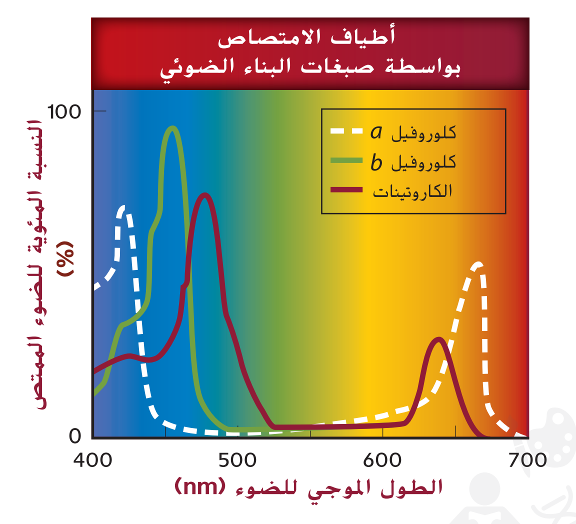
يُعدّ امتصاص الضوء الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي وتحتوي النباتات على عضَيّات خاصة لامتصاص الطاقة الضوئية. وبعد امتصاص الطاقة، يتكون جزيئا تخزين للطاقة هما NADPH و ATP لاستخدامهما في التفاعلات اللاضوئية.

**البلاستيدات الخضراء** تمتص عضَيات كبيرة، تُسمى البلاستيدات الخضراء، الطاقة الضوئية في الكائنات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي. في النباتات، تتواجد هذه البلاستيدات بشكل رئيسي في خلايا الأوراق. وكما هو مبيَّن في **الشكل 5**، فإن البلاستيدات الخضراء هي عبارة عن عضيات قرصية الشكل تحتوي على حيّزين ضروريين لعملية البناء الضوئي. يُعرف الحيّز الأول بالثايلاكويد. **الثايلاكويدات** هي أغشية مسطحة تشبه الأكياس تترتب في مجموعات متراصة، تُسمى **الحبيبات الكلوروفيلية (الجرانا**/مفردها جرانم). وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات. أما الحيّز الثاني المهم، فيُسمى **الحشوة** أو ما يُعرف بالستروما، وهي مساحة ممتلئة بالسائل تقع خارج الحبيبات الكلوروفيلية وتحدث فيها التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي.

**الأصباغ** إن الجزيئات الملونة الماصة للضوء تُسمى **الأصباغ**. وتتواجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالًا موجيةً معينة من الضوء كما هو مبيَّن في **الشكل 6**.

يُعدّ الكلوروفيل أهم الأصباغ الماصة للضوء في النباتات. وتوجد عدة أنواع من أصباغ الكلوروفيل، لكن النوعين الأكثر انتشارًا هما الكلوروفيل *(a)* والكلوروفيل *(b)*. وقد يختلف تركيب الكلوروفيل من جزيء إلى آخر، مما يتيح لجزيئات الكلوروفيل المميزة امتصاص الضوء في مناطق فريدة من الطيف المرئي. في العموم، يمتص الكلوروفيل الضوء بقوة أكبر في منطقة الضوء البنفسجي – الأزرق من طيف الضوء المرئي، بينما يعكس الكلوروفيل الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف، وهذا ما يجعل الإنسان يرى أجزاء النباتات التي تحتوي على الكلوروفيل خضراء اللون.


**التأكد من فهم النص** **ميِّز** بين الثايلاكويد والحشوة.




■ **الشكل 6** تختلف الأصباغ الملونة الموجودة في أوراق الأشجار من حيث قدرتها على امتصاص أطوال موجية معينة من الضوء.

**كوِّن فرضية** حول تأثير عدم احتواء النبات على الكلوروفيل (b) في عملية امتصاص الضوء.




# تجربة مصغرة 2

## ملاحظة البلاستيدات الخضراء

**كيف تبدو البلاستيدات الخضراء؟** إن غالبية الأنظمة البيئية والكائنات الحية في العالم تعتمد على عضيّات صغيرة جدًا تُسمى البلاستيدات الخضراء. اكتشف كيف تبدو البلاستيدات الخضراء في هذا التحقيق وقارن بين عضيات الخلايا النباتية والطحالب.

### الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. استخدم **المجهر** لملاحظة **شرائح الخلايا النباتية وشرائح الطحالب**.
3. حدّد البلاستيدات الخضراء في الخلايا التي تلاحظها.
4. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك، وارسم شكل البلاستيدات الخضراء في الخلايا.

### التحليل

1. **قارن وقابل** بين الخصائص الفيزيائية للبلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا النباتية المختلفة.
2. **كوِّن فرضية** حول سبب الاختلاف في لون أوراق النباتات.

تحتوي معظم الكائنات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي على أصباغ ثانوية بالإضافة إلى أصباغ الكلوروفيل. هذه الأصباغ تسمح للنباتات بامتصاص طاقة ضوئية إضافية من مناطق أخرى في الطيف المرئي. ومن هذه الأصباغ مجموعة أصباغ الكاروتينات، مثل $\beta$–كاروتين (بيتا كاروتين)، التي تمتص الضوء بشكل رئيس من المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف، بينما تعكس غالبية الضوء في المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء منه كما موضح في **الشكل 6** . وتُنتج أصباغ الكاروتينات ألوان الجزر والبطاطا الحلوة.

تكون أصباغ الكلوروفيل أكثر وفرة من غيرها في الأوراق، وبالتالي تُخفي ألوان الأصباغ الأخرى. مع ذلك، قد يتميز الخريف في مناطق معينة من مزارع الإمارات العربية المتحدة بدرجات من ألوان الأصفر والأحمر والبرتقالي عندما تُغيِّر الأوراق ألوانها. فبينما تستعد الأشجار لفقدان أوراقها قبل الشتاء، تتحلّل جزيئات الكلوروفيل، كاشفة عن ألوان الأصباغ الأخرى. يوضِّح **الشكل7** تغيير في أوراق الأشجار في ولاية أمريكية.




■ **الشكل 7** عندما يتحلل الكلوروفيل في أوراق بعض الأشجار، تُصبح الأصباغ الأخرى مرئية.

**نقل الإلكترون** إن تركيب غشاء الثايلاكويد يُعدّ الأساس للانتقال الفاعل للطاقة أثناء عملية نقل الإلكترون. وتتميز أغشية الثايلاكويد بمساحة سطح كبيرة، مما يوفر الحيّز اللازم لاحتواء أعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترونات، بالإضافة إلى نوعين من البروتينات المعقّدة، تُسمى الأنظمة الضوئية. يحتوي كل من النظام الضوئي I والنظام الضوئي II على أصباغ ماصة للضوء وبروتينات تلعب أدوارًا مهمة في التفاعلات الضوئية. راجع **الشكل 8** أثناء متابعة القراءة عن عملية نقل الإلكترون.

- **أولًا**، تثير الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظام الضوئي II. وتسبب الطاقة الضوئية أيضًا انقسام جزيء من الماء، محررةً إلكترونًا إلى نظام نقل الإلكترون، وأيون هيدروجين ($H^+$) الذي يسمى أيضًا بروتونًا إلى حيز الثايلاكويد. كما يُطلق كذلك غاز الأكسجين ($O_2$) بصفته ناتجًا لا دور له في العملية الضوئية. ويُعدّ تحلّل جزيئات الماء ضروريًا لحدوث عملية البناء الضوئي.
- **ثانياً** تنتقل الإلكترونات المستثارة من النظام الضوئي II إلى جزيء مستقبل للإلكترون في غشاء الثايلاكويد.
- **ثالثاً**، ينقل الجزيء المستقبل للإلكترون الإلكترونات الى النظام الضوئي I عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات.
- **رابعاً** بوجود الضوء، ينقل النظام الضوئي I الإلكترونات إلى بروتين يُعرف بالفيرودوكسين آخر مستقبل للإلكترونات. وتُستبدل الإلكترونات التي فقدها النظام الضوئي I بإلكترونات واردة من النظام الضوئي II.
- **أخيرًا**، ينقل الفيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترونات **$NADP^+$**، مُكوِّنًا جزيء تخزين الطاقة NADPH.

المفردات
مفردات أكاديمية
**النقل transport**
هو حمل شيء ما من مكان إلى آخر
تنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات أثناء عملية البناء الضوئي.

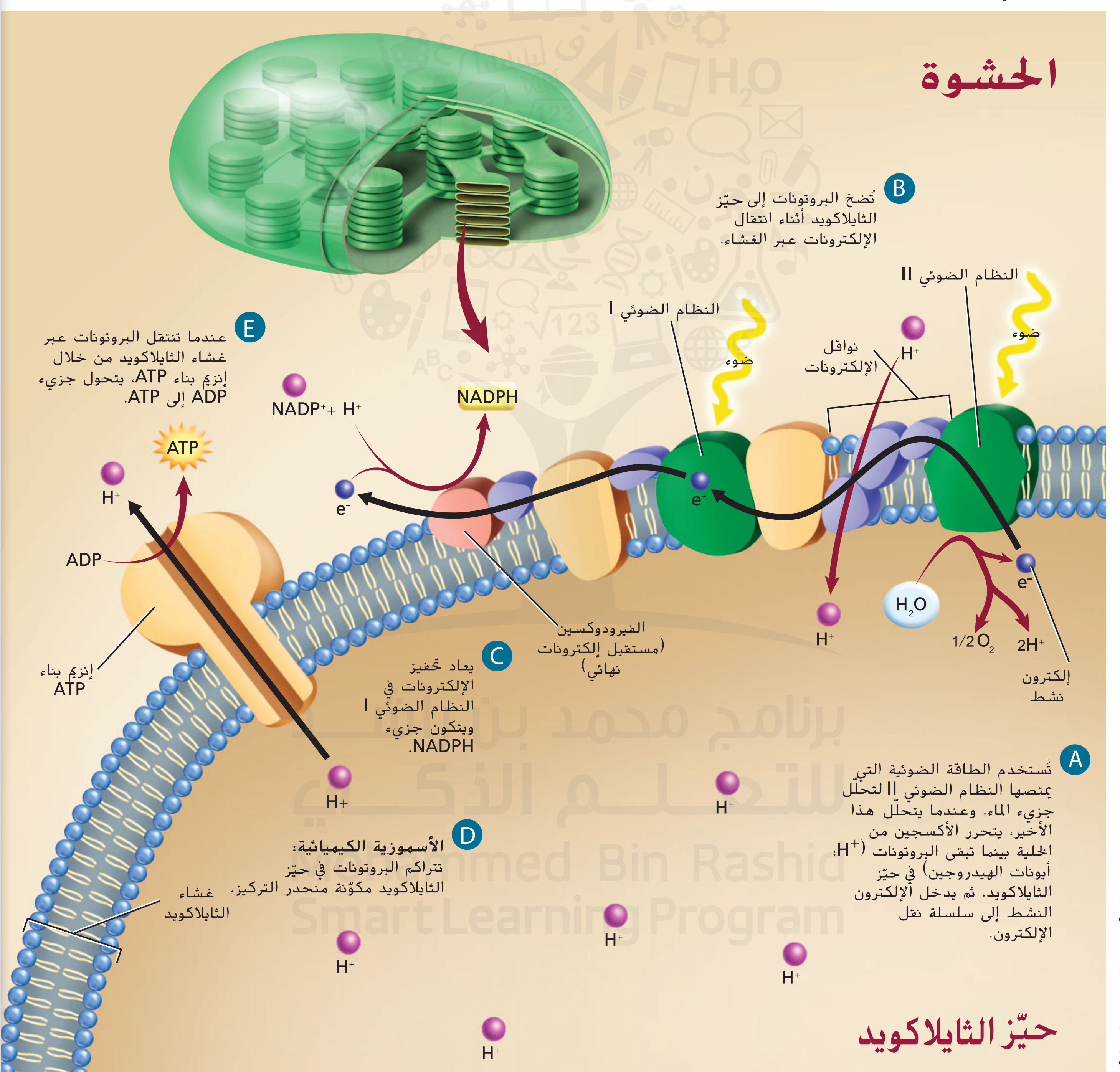
**الأسموزية الكيميائية** يتزامن إنتاج جزيئات ATP مع عملية نقل الإلكترون من خلال عملية تُعرف بالأسموزية الكيميائية، وهي آلية تُنتج جزيئات ATP بفعل تدفق الإلكترونات مع منحدر التركيز. ولا تقتصر أهمية تحلّل جزيئات الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلسلة نقل الإلكترون، بل أيضًا على توفير البروتونات ($H^+$) اللازمة لتحفيز بناء جزيئات ATP أثناء عملية الأسموزية الكيميائية.

تتراكم أيونات $H^+$ التي أُطلِقَت أثناء عملية نقل الإلكترون على الجهة الداخلية للثايلاكويد. كنتيجة لارتفاع تركيز أيونات $H^+$ داخل الثايلاكويد، وانخفاض تركيز أيونات $H^+$ في الحشوة، فتنتشر بروتونات $H^+$ على طول منحدر التركيز خارج الجهة الداخلية للثايلاكويد وصولاً إلى الحشوة عبر قنوات أيونية ممتدة على الغشاء، كما هو موضَّح في **الشكل 8**. يذكر أنّ هذه القنوات هي عبارة عن إنزيمات تُسمى إنزيمات بناء جزيئات ATP، ومع كل انتقال لأيونات $H^+$ عبر هذه الإنزيمات، تتكوَن جزيئات ATP في الحشوة.


**التأكد من فهم النص** **لخِّص** وظيفة الماء أثناء الأسموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

# تصوُّر عملية نقل الإلكترون

**الشكل 8**
تنتقل الإلكترونات النشطة من جزيء إلى آخر على امتداد غشاء الثايلاكويد في البلاستيدة الخضراء.
وتستخدم طاقة الإلكترونات في تشكيل تدرج البروتونات. وكلما انتقلت البروتونات مع التدرج، أُضيفت مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP لتكوّن جزيء ATP.



# المرحلة الثانية: حلقة كالفن

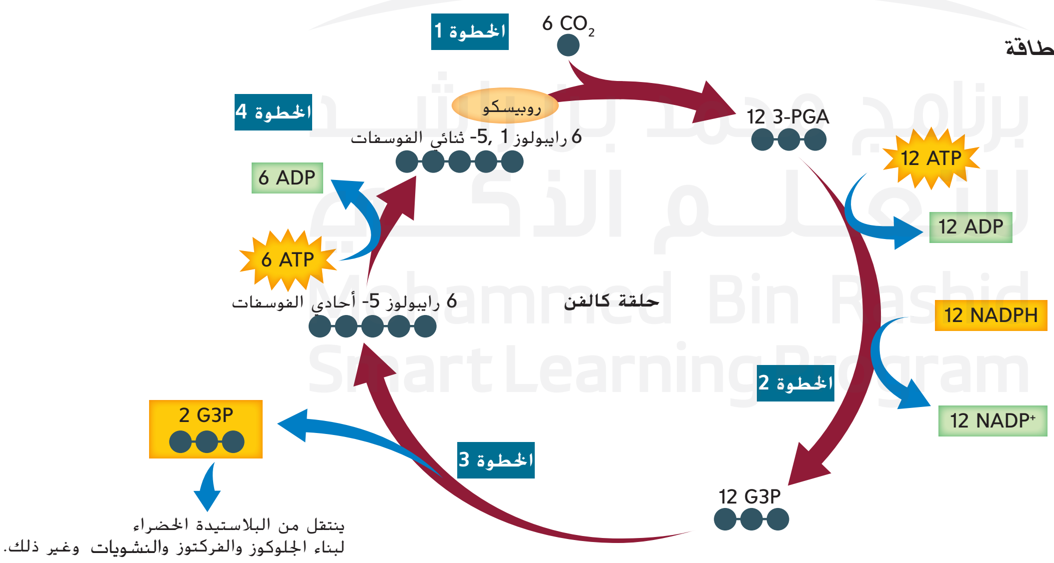
على الرغم من أنّ جزيئات NADPH وجزيئات ATP تزوّد الخلايا بكميات كبيرة من الطاقة، إلا أنها غير مستقرة بما يكفي لتخزين الطاقة الكيميائية لفترات زمنية طويلة. لذلك، ثمة مرحلة ثانية لعملية البناء الضوئي تُسمى **حلقة كالفن**. خلال حلقة كالفن، تُخزَّن الطاقة في جزيئات عضوية مثل الجلوكوز. ويُشار إلى تفاعلات حلقة كالفن بمصطلح التفاعلات اللاضوئية أيضًا. راجع **الشكل 9** أثناء تعلم خطوات حلقة كالفن.

- **في الخطوة الأولى** من حلقة كالفن، التي تُعرف بتثبيت الإلكترون، تتحد ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) مع ستة مركّبات خماسية الكربون لتكوّن اثني عشر جزيئًا ثلاثي الكربون يُسمّى 3-حمض جلسرين أحادي الفوسفات (3-PGA). وتعرَف عملية اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية الأخرى بتثبيت الكربون.
- **في الخطوة الثانية**، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزَّنة في جزيئات ATP وNADPH إلى جزيئات 3-PGA لتكوين جزيئات عالية الطاقة تُعرف بجليسر ألدهايد 3-الفوسفات (G3P). وتوفّر جزيئات ATP مجموعات الفوسفات اللازمة لتكوين جزيئات G3P، بينما توفّر جزيئات NADPH أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- **في الخطوة الثالثة**، ينفصل جزيئا G3P عن الحلقة ليُستخدما في إنتاج الجلوكوز وغيره من المركّبات العضوية.
- **في الخطوة الأخيرة** من حلقة كالفن، يُحوّل إنزيم يُسمى **روبيسكو** جزيئات G3P العشرة المتبقية إلى جزيئات خماسية الكربون تُسمى رايبولوز 1، 5- ثنائي الفوسفات (RuBP). وتتحد هذه الجزيئات مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لتستمر الحلقة.

نظرًا إلى أنَّ إنزيم روبيسكو يُحوّل جزيئات ثاني أكسيد الكربون غير العضوية إلى جزيئات عضوية يمكن للخلية استخدامها، فإنه يُعتبر أحد أكثر الإنزيمات الحيوية أهميةً. يضاف الى ذلك أنّ النباتات تستخدم السكريات المتكوّنة أثناء حلقة كالفن كمصدر للطاقة وأيضًا كوحدات بناء للكربوهيدرات المعقّدة، ومنها السيلولوز الذي يوفر الدعم الهيكلي للنباتات.

### مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

**عالِم الكيمياء النباتية** عالِم الأحياء الذي يدرس النواتج الكيميائية للنباتات هو عالِم الكيمياء النباتية. ويمكن أن يعمل علماء الكيمياء النباتية في مجال الأبحاث الطبية للوصول إلى علاجات جديدة للأمراض.




**الشكل 9** تربط حلقة كالفن ثاني أكسيد الكربون مع المركّبات العضوية داخل حشوة البلاستيدات الخضراء.

**حدِّد المركّب الذي تُخزَّن فيه الطاقة في نهاية حلقة كالفن.**

## مسارات بديلة

قد تؤثر البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي في إمكان تحقيقه عملية البناء الضوئي، إذ إنّ البيئات التي تقل فيها كميات الماء أو ثاني أكسيد الكربون عن المستوى اللازم قد تقلل من قدرة الكائن الحي على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية البناء الضوئي. فعلى سبيل المثال، تتعرض النباتات التي تعيش في البيئات الحارة والجافة إلى نقص حاد في الماء مما قد يؤدي إلى انخفاض معدلات البناء الضوئي. لذلك، فإن لعدد كبير من النباتات التي تعيش في مناخات قاسية مسارات بديلة للبناء الضوئي تمكّنها من تحويل الحد الأقصى من الطاقة.

**نباتات $C_4$** يُعرف المسار التكيُّفي الذي يساعد النباتات في الحفاظ على عملية البناء الضوئي ويقلل من فقدان الماء بالمسار $C_4$. ويحدث مسار $C_4$ في نباتات مثل قصب السكر والذرة. وتُعرف هذه النباتات بنباتات $C_4$ لأنها تُثبّت ثاني أكسيد الكربون في شكل مركّبات رباعية الكربون بدلًا من الجزيئات ثلاثية الكربون أثناء حلقة كالفن. فضلًا عن ذلك، تتمتع نباتات $C_4$ أيضًا بتعديلات هيكلية مهمة في ترتيب الخلايا داخل الأوراق. وعمومًا، تعمل نباتات $C_4$ على إغلاق ثغورها (ثقوب في خلايا النبات) أثناء الأيام الحارة، بينما تنتقل المركّبات رباعية الكربون إلى خلايا خاصة حيث يدخل فيها ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) حلقة كالفن، مما يسمح باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون بالتزامن مع تقليل فقدان الماء.

**نباتات أيض الحمض العصاري (CAM)** إنّ المسار التكيُّفي الآخر الذي تستخدمه بعض النباتات لتحقيق عملية بناء ضوئي فائقة الفاعلية يُعرف بأيض الحمض العصاري (البناء ا لضوئي بأيض الحمض العصاري). ويحدث هذا المسار في النباتات الحافظة للماء التي تعيش في الصحاري والمستنقعات المالحة، وغيرها من البيئات التي يتعذر فيها الحصول على الماء. تسمح نباتات أيض الحمض العصاري، مثل الصبار ونبات الأوركيد والأناناس كما في **الشكل 10**، لثاني أكسيد الكربون بالدخول إلى الأوراق في الليل فقط، وذلك عندما يكون الجو أكثر برودة ورطوبة، أثناء الليل، تقوم تلك النباتات بتثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركّبات عضوية. أما خلال النهار، ينطلق ثاني أكسيد الكربون من تلك المركّبات ثم يدخل حلقة كالفن. إضافةً إلى ذلك، يسمح هذا المسار بالحصول على كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون مع تقليل فقدان الماء.



**الشكل 10** نبات الأناناس مثال على نباتات أيض الحمض العصاري.

## القسم 2 مراجعة

### ملخص القسم

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ ماصّة للضوء تُحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمرّ عملية البناء الضوئي بمرحلتين تتضمّنان التفاعلات الضوئية وحلقة كالفن.
- في التفاعلات الضوئية، تحبس الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH.
- في حلقة كالفن، تُستخدَم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لبناء الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** آلية تكوّن الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئي.
2. **اربط** تركيب البلاستيدة الخضراء بمراحل عملية البناء الضوئي.
3. **اشرح** أسباب أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.
4. **لخِّص** الخطوات في حلقة كالفن.
5. **ارسم** عملية نقل الإلكترون واشرحها.

### التفكير الناقد

6. **توقَّع** كيف يمكن لبعض العوامل البيئية مثل شدة الضوء ومستويات ثاني أكسيد الكربون التأثير في سرعة عملية البناء الضوئي.

الكتابة في علم الأحياء

7. أجرِ بحثًا عن تأثيرات الاحتباس الحراري العالمي في عملية البناء الضوئي، واكتب مقالة تلخّص فيها النتائج التي توصلت إليها.

# التنفُّس الخلوي

**الفكرة الرئيسة** تحصل الكائنات الحية على الطاقة عن طريق تكسير الجزيئات العضوية أثناء عملية التنفس الخلوي.

**الربط مع الحياة اليومية** يجب أن تتغذى الفراشات الملكية باستمرار على رحيق الأزهار لتستمد الطاقة اللازمة لاستمرار بقائها أثناء هجرتها الشتوية إلى مناطق في المكسيك وولاية كاليفورنيا كل عام. وكذلك يحتاج كل من الإنسان والكائنات الحية الأخرى إلى مصادر غذاء كافية للتزوّد بالطاقة الضرورية من أجل النموّ والبقاء على قيد الحياة.

### الأسئلة الرئيسة

- ما مراحل التنفُّس الخلوي؟
- ما دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي؟
- ما أوجه الشبه بين التخمّر الكحولي وتخمّر حمض اللاكتيك؟

### مفردات للمراجعة

**البكتيريا المزرقة cyanobacterium:** نوع من البكتيريا ذاتية التغذية يقوم بعملية البناء الضوئي

### مفردات جديدة

| | |
|---|---|
| العملية اللاهوائية | anaerobic process |
| التنفس الهوائي | aerobic respiration |
| العملية الهوائية | aerobic process |
| التحلل السكري | glycolysis |
| دورة كربس | krebs cycle |
| التخمّر | fermentation |

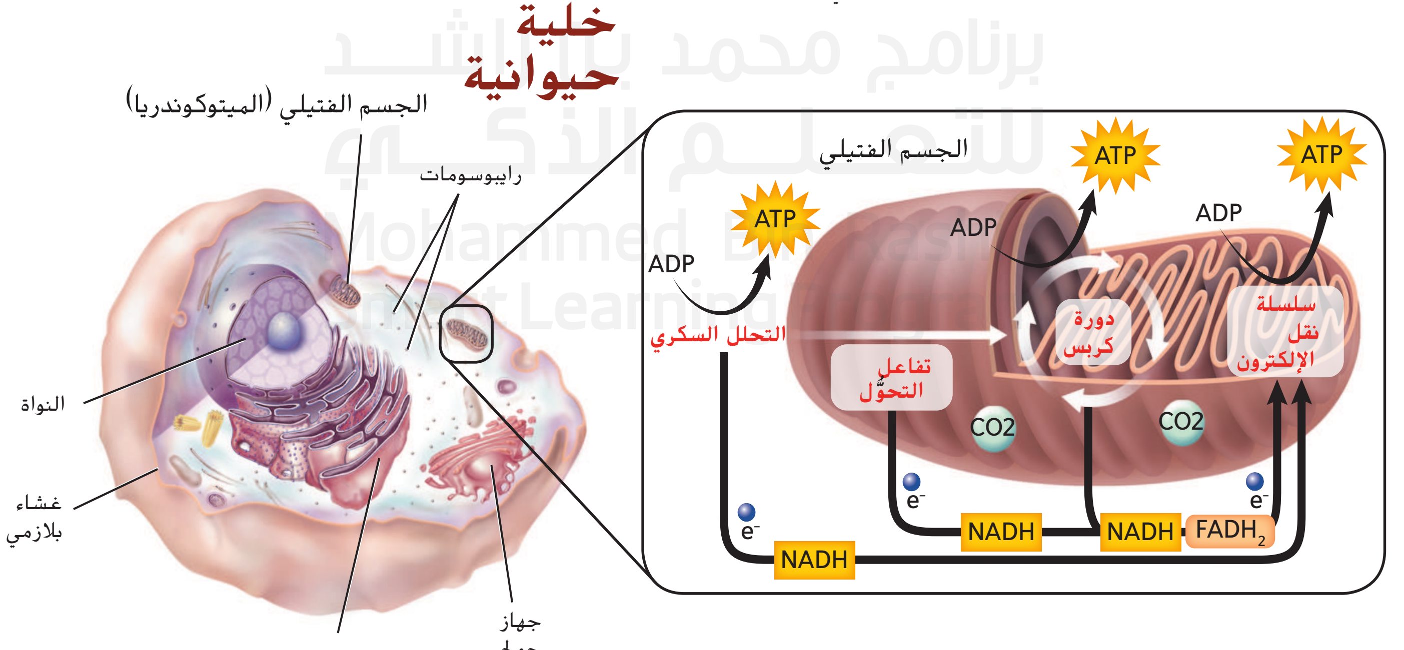
## نظرة عامة على عملية التنفس الخلوي

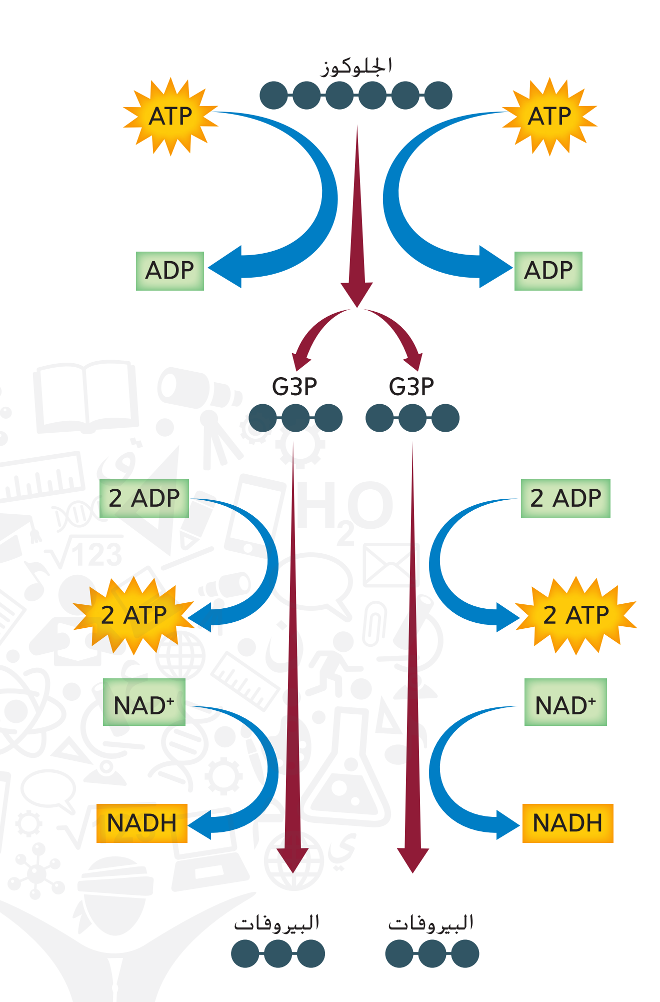
تذكَّر أنّ الكائنات الحية تحصل على الطاقة عن طريق عملية تُسمى التنفس الخلوي، إذ تتمثّل وظيفة هذه العملية في جمع الإلكترونات من مركّبات الكربون مثل الجلوكوز، واستخدام الطاقة المنبعثة في إنتاج ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، الذي يُستخدم بدوره في إمداد الخلايا بالطاقة من أجل أن تؤدي وظائفها. في ما يلي المعادلة الكيميائية الشاملة لعملية التنفُّس الخلوي. لاحظ أنّ المعادلة التي تُعبِّر عن التنفُّس الخلوي هي عكس المعادلة التي تُعبِّر عن عملية البناء الضوئي.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

لعملية التنفُّس الخلوي مرحلتان رئيستان هما: التحلل السكري والتنفس الهوائي. المرحلة الأولى وهي التحلل السكري عبارة عن عملية لاهوائية. **العمليات اللاهوائية** هي عمليات لا تتطلب وجود الأكسجين. أما **العمليات الهوائية**، هي عمليات تتطلب وجود الأكسجين. إنّ **التنفس الهوائي** هو من العمليات الهوائية ويشمل دورة كربس ونقل الإلكترونات. ويلخِّص **الشكل 11** عمليّتَي التنفُّس الخلوي والتنفس الهوائي.

**الشكل 11** يحدث التنفس الخلوي في الأجسام الفتيلية، التي تُعدّ عضيات توليد الطاقة في الخلية.






■ **الشكل 12** يتحلل الجلوكوز أثناء عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا.
**لخِّص متفاعلات ونواتج عملية التحلل السكري.**



## التحلل السكري

يتحلل الجلوكوز داخل السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري**. ينتج عن تحلّل جزيء واحد من الجلوكوز جزيئان من ATP وجزيئان من NADH. راجع **الشكل 12** أثناء القراءة عن خطوات عملية التحلل السكري.

**أولًا**، ترتبط مجموعتا الفوسفات، الناتجتان عن جزيئَي ATP، بالجلوكوز. لاحظ ضرورة وجود مقدار من الطاقة وجزيئَي ATP، لبدء التفاعلات التي ستُنتج الطاقة للخلية. ويتحلل الجزيء سداسي الكربون إلى مركّبين ثلاثيَي الكربون، ثم تضاف مجموعتا فوسفات وتتحد الإلكترونات وأيونات الهيدروجين ($H^+$) مع جزيئَي $NAD^+$ لتكوّن جزيئي NADH. ويشبه جزيء $NAD^+$ جزيء NADP، وهو ناقل الإلكترونات الذي يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي. أخيرًا، يتحول المركّبان ثلاثيا الكربون إلى جزيئين من البيروفات وفي الوقت نفسه، تَنتج أربعة جزيئات ATP.

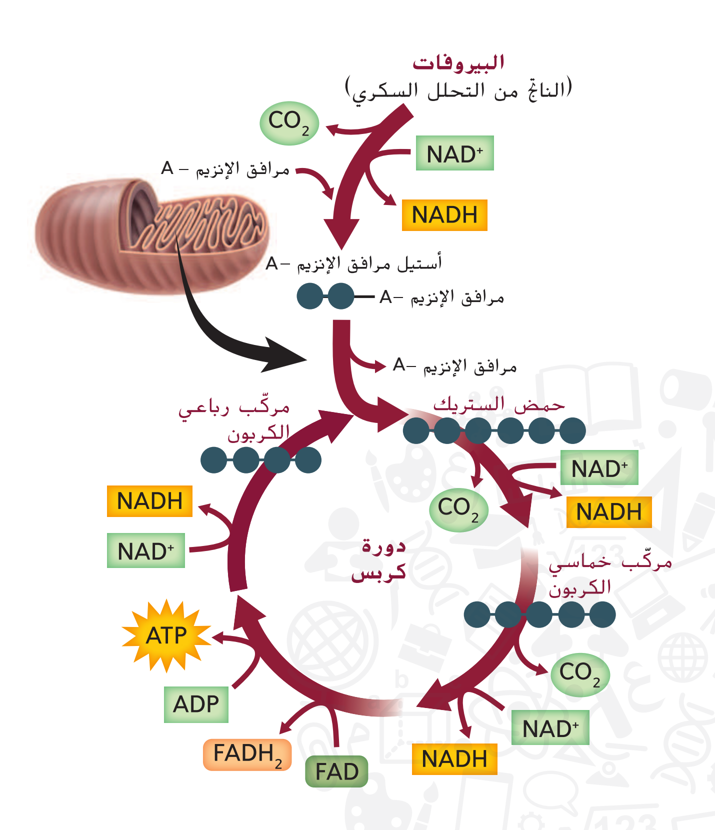
**التأكد من فهم النص** **اشرح** سبب الحصول على جزيئين، وليس أربعة جزيئات ATP في عملية التحلل السكري.

## دورة كربس

يَنتج عن عملية التحلل السكري جزيئا ATP وجزيئان من البيروفات وتبقى غالبية طاقة الجلوكوز مُخزَّنة في البيروفات. في وجود الأكسجين، ينتقل البيروفات إلى حشوة الأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا) حيث يتحوّل في النهاية إلى ثاني أكسيد الكربون. تُسمى مجموعة التفاعلات التي يتحلّل خلالها البيروفات مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون **دورة كربس** أو حلقة الحمض ثلاثي الكربوكسيل (TCA)، ويشار إليها أيضًا بدورة **حمض الستريك**.

### المفردات
**أصل الكلمة**
**التحلل السكري glycolysis**
مشتقة من الكلمتين اليونانيتين *glykys*، وتعني حلو و*lysis*، وتعني يتحلل أو يتكسر

**المطويات®**
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.




**الشكل 13** يتحلّل البيروفات إلى ثاني أكسيد الكربون خلال دورة كربس التي تحدث داخل حشوة الأجسام الفتيلية للخلايا.

**تتبَّع** اتبع مسار جزيئات الكربون التي تدخل دورة كربس وتخرج منها.

## اقتراح لدراسة

**عبارة توضيحية** تشارك مع أحد زملائك في قراءة النص ومناقشة الكلمات غير المألوفة والمفاهيم الصعبة. ثم اكتب عبارة توضيحية تلخص فيها دورة كربس.

**خطوات دورة كربس** قبل بداية دورة كربس، يتفاعل البيروفات مع مرافق الإنزيم A لتكوين مركّب وسيط ثنائي الكربون يسمى أستيل مرافق الإنزيم A ‏(Acetyl-CoA). في الوقت نفسه، يتحرر ثاني أكسيد الكربون وتتحول جزيئات $NAD^+$ إلى جزيئات NADH. ثم ينتقل أستيل مرافق الإنزيم A إلى حشوة الأجسام الفتيلية. وينتج عن هذا التفاعل تكوُّن جزيئين من ثاني أكسيد الكربون وجزيئَي NADH. راجع **الشكل 13** أثناء متابعة القراءة عن خطوات دورة كربس.

- تبدأ دورة كربس باتحاد أستيل مرافق الإنزيم A مع مركّب رباعي الكربون لتكوين مركّب سداسي الكربون يُعرف بحمض الستريك.
- يتحلّل حمض الستريك خلال سلسلة الخطوات التالية، محررًا جزيئين من ثاني أكسيد الكربون ومنتجًا جزيء ATP، وثلاثة جزيئات NADH وجزيء $FADH_2$. يُعتبر FAD ناقل إلكترونات آخر يشبه $NAD^+$ و$NADP^+$.
- أخيرًا، يَنتج كل من أستيل مرافق الإنزيم A وحمض الستريك، وتستمر الدورة.

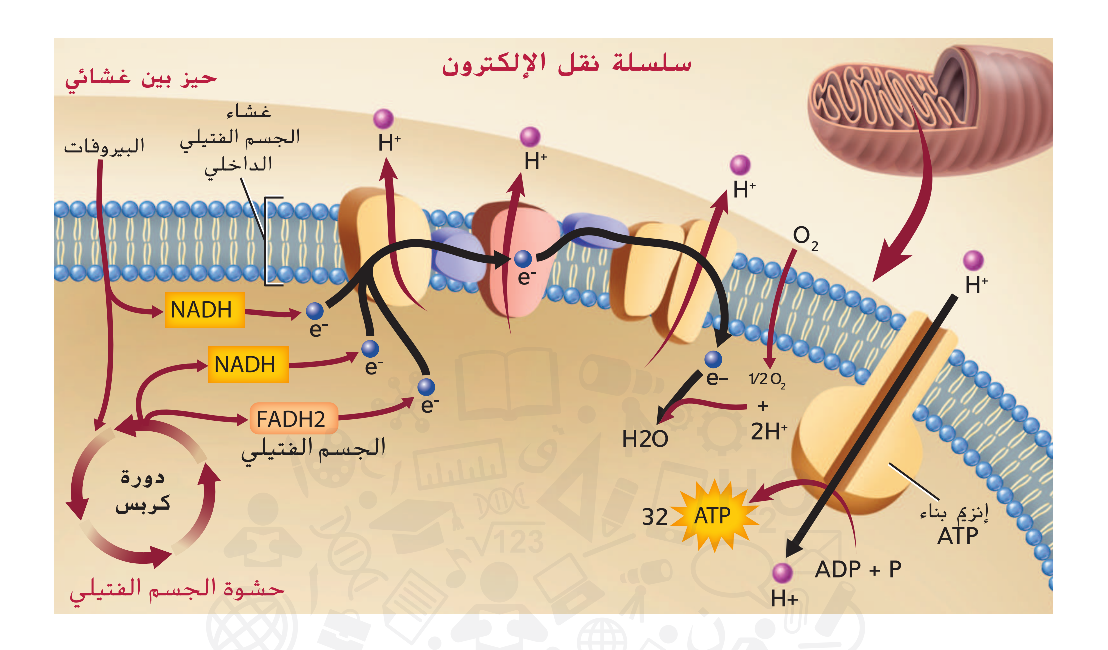
تذكَّر أن جزيئَين من البيروفات يتكونان خلال عملية التحلل السكري، فينجم عنها "دورتا كربس " كاملتان لكل جزيء جلوكوز. ويكون الناتج النهائي لدورة كربس ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون وجزيئَي ATP وثمانية جزيئات NADH وجزيئَي $FADH_2$. بعد ذلك، تنتقل عشرة جزيئات NADH وجزيئا $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًا في المرحلة التالية من عملية التنفس الهوائي.

## نقل الإلكترونات

في عملية التنفس الهوائي، يكون نقل الإلكترونات هو الخطوة الأخيرة في تحلل الجلوكوز، وهو أيضًا المرحلة التي تُنتَج فيها غالبية جزيئات ATP. فتُستخدم الإلكترونات عالية الطاقة وأيونات الهيدروجين من جزيئات NADH و $FADH_2$ المنتَجة في دورة كربس لتحويل ADP إلى ATP.

### مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

**عالِم الطاقة الحيوية** إنّ عالِم الطاقة الحيوية هو الباحث الذي يدرُس انتقالات الطاقة في الخلايا. ويدرس بعض علماء الطاقة الحيوية الأجسام الفتيلية وعلاقتها بالشيخوخة والمرض.




■ **الشكل 14** تحدث عملية نقل الإلكترون على طول غشاء الأجسام الفتيلية.
**قارن وقابل** **بين عملية نقل الإلكترون خلال التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.**

تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الأجسام الفتيلية من بروتين إلى آخر كما هو مبيَّن في **الشكل 14**. وتتحول الجزيئات الناقلة للطاقة NADH و $FADH_2$ إلى جزيئات $NAD^+$ و FAD بفقدانها للإلكترونات، وتُطلَق أيونات $H^+$ إلى حشوة الأجسام الفتيلية. تُضَخّ أيونات $H^+$ إلى الحشوة عبر الغشاء الداخلي للأجسام الفتيلية. ثم تنتشر هذه الأيونات بتركيز أقل عابرةً الغشاء نحو الحشوة عبر جزيئات إنزيم بناء ATP خلال العملية الأسموزية الكيميائية. الجدير بالذكر أنّ عمليتي نقل الإلكترون والأسموزية الكيميائية في التنفُّس الخلوي تتشابهان مع نظيرتيهما في عملية البناء الضوئي. إنّ الأكسجين هو المُستقبِل النهائي للإلكترون في نظام نقل الإلكترون خلال عملية التنفس الخلوي، وتنتقل الإلكترونات والبروتونات إلى الأكسجين لإنتاج الماء.

## المفردات
### الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام
**التركيز concentration**
**الاستخدام العلمي**: المقدار النسبي لمادة مذابة في مادة أخرى
إنّ تركيز أيونات الهيدروجين أكبر على أحد طرفَي الغشاء من تركيزه على الطرف الآخر.

**الاستخدام العام**: توجيه الانتباه الكامل
والتام كان تركيز الطالب موجهًا إلى الامتحان.

**التنفُّس الخلوي في حقيقيات النواة** ، ينتج كل جزيء جلوكوز **36** جزيء ATP في الظروف المثالية. فإن نقل الألكترون ينتج 32 جزيء من الATP كما أن كل مجموعة NADH تنتج 3 ATP وكل مجموعة من ثلاث $FADH_2$ تنتج 2 ATP.

**التنفُّس الخلوي في بدائيات النواة** تقوم بعض بدائيات النواة أيضًا بالتنفس الهوائي، ونظرًا إلى أنها لا تحتوي على أجسام فتيلية، فثمة اختلافات في تلك العملية. تتضمن الاختلافات الرئيسة استخدام الغشاء الخلوي لبدائيات النواة ليكون منطقة نقل الإلكترون، فينتقل البيروفات في الخلايا حقيقية النواة إلى الأجسام الفتيلية. بينما، في بدائيات النواة، تكون تلك العملية غير ضرورية مما يوفر للخلية بدائية النواة جزيئَي ATP ويزيد الناتج النهائي من **36** جزيء ATP إلى **38** جزيئًا.

## التنفس اللاهوائي

يمكن أن تعمل بعض الخلايا لفترة قصيرة عند انخفاض معدلات الأكسجين. وحيث إنّ بعض بدائيات النواة كائنات لاهوائية، فإنها تنمو وتتكاثر بلا أكسجين. تستمر تلك الخلايا في بعض الحالات في إنتاج جزيئات ATP عن طريق عملية التحلل السكري. ومع ذلك، تظهر مشكلات بسبب الاعتماد على التحلل السكري فقط للحصول على الطاقة. فالتحلل السكري يوفّر جزيئَي ATP فقط لكل جزيء من الجلوكوز. وتمتلك الخلية كمية محدودة من جزيئات $NAD^+$. وبغياب عملية تعويض جزيئات $NAD^+$، ستتوقف عملية التحلل السكري عند استخدام كل الجزيئات المتوافرة. إنّ المسار اللاهوائي الذي يلي التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي أو التخمّر. يحدث **التخمّر** في السيتوبلازم، ويُجدِّد مخزون الخلية من جزيئات $NAD^+$ أثناء إنتاجه كمية قليلة من جزيئات ATP. وللتخمّر نوعان رئيسان هما: **تخمّر حمض اللاكتيك والتخمّر الكحولي**.

**التخمّر الكحولي**

الجلوكوز
التحلل السكري
2 ADP
ATP
$NAD^+$
NADH
2 إيثانول
2 أسيتالدهيد
2 بيروفات
$2CO_2$

**تخمّر حمض اللاكتيك**

الجلوكوز
التحلل السكري
2 ADP
ATP
$NAD^+$
NADH
2 حمض اللاكتيك
2 بيروفات

■ **الشكل 15** عندما ينعدم الأكسجين أو يتوفر بنسبة قليلة، يمكن أن تحدث عملية التخمّر.
**قارِن وقابِل** بين تخمّر حمض اللاكتيك والتخمّر الكحولي.

الربط بالصحة **تخمّر حمض اللاكتيك** في تخمّر حمض اللاكتيك، تعمل الإنزيمات على تحويل البيروفات الناتج عن التحلل السكري إلى حمض اللاكتيك، كما هو مبيّن في **الشكل 15**. ويتضمن ذلك نقل الإلكترونات والبروتونات عالية الطاقة من NADH.

أنّ العضلات الهيكلية تنتج حمض اللاكتيك عندما يعجز الجسم عن إمدادها بالأكسجين الكافي، كما هو الحال عند ممارسة التمارين الشاقة فيشعر اللاعب بالتشنّج العضلي. سبب التشنّج العضلي هو تجمّع حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية، فتُصاب العضلات بالإجهاد ويشعر اللاعب بالألم.

إضافةً إلى ذلك، يُنتج العديد من الكائنات الحية الدقيقة حمض اللاكتيك، وتُستخدم تلك الكائنات غالبًا لإنتاج العديد من الأطعمة مثل الجبن ولبن الزبادي والقشدة الحامضة.

**التخمّر الكحولي** يحدث التخمّر الكحولي في الخميرة وبعض أنواع البكتيريا. يبيّن **الشكل 15** التفاعل الكيميائي الذي يحدث أثناء التخمّر الكحولي عندما يتحول البيروفات إلى كحول إيثيلي وثاني أكسيد الكربون. وبشكل مشابه لتخمّر حمض اللاكتيك، تفقد جزيئات NADH الإلكترونات أثناء هذا التفاعل وتتجدد جزيئات $NAD^+$.

# مساحة لتحليل البيانات 1

## استنادًا إلى دراسات*

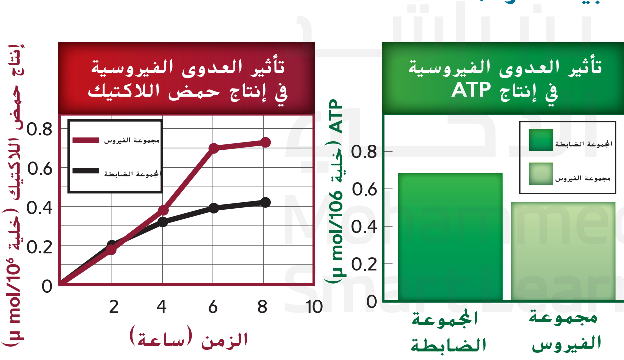
### فسِّر البيانات

**كيف تؤثر العدوى الفيروسية في التنفُّس الخلوي؟** يمكن للعدوى الفيروسية أن تؤثر بشكل كبير في عملية التنفس الخلوي وفي قدرة الخلايا على إنتاج جزيئات ATP. لاختبار تأثير العدوى الفيروسية في مراحل التنفس الخلوي، تمّ إصابة بعض الخلايا بعدوى فيروسية، وقياس كميات إنتاج حمض اللاكتيك وجزيئات ATP الناتجة.

### فكّر بشكل ناقد

1. **حلِّل** كيف أثّر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك داخل الخلايا؟
2. **احسب** بعد مرور 8 ساعات، ما النسبة المئوية لارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في مجموعة الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما النسبة المئوية لانخفاض إنتاج جزيئات ATP؟

### البيانات والملاحظات



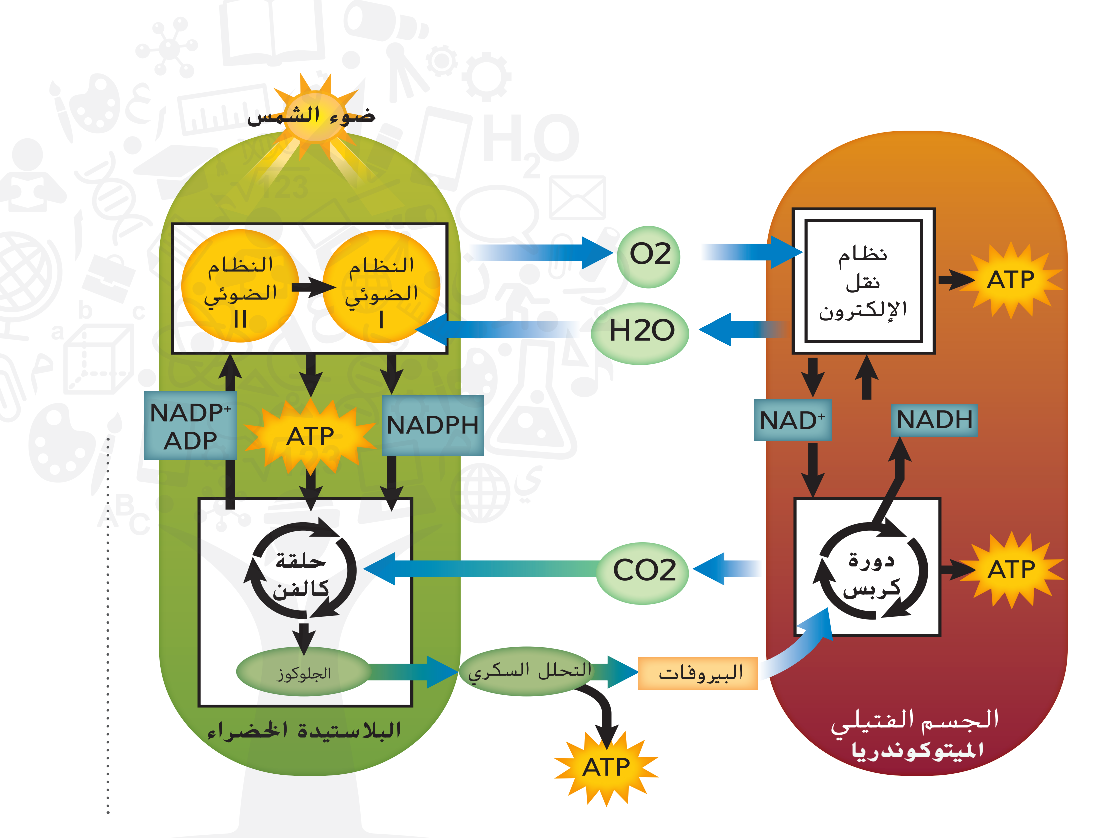

3. **استدلّ** ما سبب شعور الشخص المصاب بفيروس الإنفلونزا بالتعب؟

*أخذت البيانات من: El-Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme 6-phosphofructo 1-kinase. *Molecular and Cellular Biochemistry* 266: 191-198.

## البناء الضوئي والتنفس الخلوي

كما سبق وتعلمت، فإن عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي عمليتان مهمتان تستخدمهما الخلايا للحصول على الطاقة، وتُعتبران مسارَين أيضيَّين لإنتاج الكربوهيدرات البسيطة وتحليلها. يبيّن **الشكل 16** الارتباط بين هاتين العمليتين. تذكَّر أنّ ناتجي عملية البناء الضوئي هما الأكسجين والجلوكوز، اللذان هما المتفاعلان في عملية التنفس الخلوي، وأن ناتجي عملية التنفس الخلوي هما ثاني أكسيد الكربون والماء، وهما المتفاعلان في عملية البناء الضوئي.

■ **الشكل 16** تُشكل عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا دورة. تشكّل نواتج أحد هذين المسارين الأيضيَّين متفاعلات المسار الأيضي الآخر.




## القسم 3 مراجعة

### ملخص القسم

- تستخدم العديد من الكائنات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- إنّ NADH و $FADH_2$ هما ناقلا إلكترونات مهمين لعملية التنفس الخلوي.
- في غياب الأكسجين، تستطيع الخلايا الإبقاء على عملية التحلل السكري باللجوء إلى التخمّر.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** مراحل عملية التنفس الخلوي.
2. **حدِّد** عدد ذرات الكربون الناتجة عن جزيء جلوكوز واحد والتي تدخل جولة واحدة من دورة كربس.
3. **فسِّر** طريقة استخدام الإلكترونات عالية الطاقة في عملية نقل الإلكترون.
4. **صِف** دور التخمُّر في الحفاظ على مستويات جزيئات ATP و $NAD^+$.

### التفكير الناقد

الرياضيات في علم الأحياء

5. ما عدد جزيئات ATP و NADH و $FADH_2$ الناتجة عن كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة عن العدد الصافي للجزيئات المتاحة؟
6. **قارن وقابل** بين نوعَي التخمّر.

# مستجدات في علم الأحياء

## متابعة مراحل تطور البشر

**لقد استُخدمت أدلة الـ DNA في حل القضايا الغامضة التي يعود تاريخها إلى عقود بل وقرون مضت، لكن تخيل كشف غموض لغز يعود تاريخه إلى ملايين السنين. هذا بالضبط ما يفعله العلماء عندما يستخدمون تحليل DNA لمتابعة مراحل تطور البشر.**

**DNA الأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا)** قد تتساءل عن علاقة الأجسام الفتيلية بتحليل الـ DNA وتطور البشر. غالبًا ما تُسمى الأجسام الفتيلية بمركز توليد الطاقة في الخلية، فهي العضيات التي تُطلق فيها الخلية الطاقة المخزنة في الطعام. وتمتلك الأجسام الفتيلية DNA خاص بها، وهو أصغر بكثير من الـ DNA النووي وأكثر وفرةً نظرًا إلى وجوده خارج النواة، وكثرة عدد الأجسام الفتيلية في غالبية الخلايا. تجدر الإشارة إلى أنّ اكتشاف واستخراج DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) أسهل من اكتشاف واستخراج من الـ DNA النووي، مما يجعله أداةً مفيدةً لكشف غموض بعض أصعب ألغاز العِلم.

يتمتع DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) بخاصية فريدة تجعله مفيدًا للغاية في متابعة مراحل تطور البشر. فالأجسام الفتيلية تُورَّث عبر النسب الأمومي. وعندما يندمج السائل المنوي مع البويضة أثناء الإخصاب، يندمج الـ DNA النووي لكلا المشيجين، لكنّ مصدر الأجسام الفتيلية الناتجة في النسل يكون البويضة وحدها. لذلك، يمكن استخدام الـ DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) في تتبُّع هوية الأم للأجيال المتعاقبة.

**تتبُّع التطور** يستخدم العلماء تحليل DNA لتتبُّع مسار مخلوقات ما قبل البشر، التي تُعرف بأسلاف الإنسان، أثناء انتشارها في أنحاء العالم. ويكون الـ DNA الجينومي الذي يُعثر عليه في أنوية الخلايا الخاصة بتلك العينات القديمة في حالة متدهورة أو بكميات ضئيلة. إلا أنَّ العلماء قد اكتشفوا أن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) متواجد بوفرة ويمكنهم استخدامه في التحليل.

صورة بالمجهر الإلكتروني،
التكبير: 150,000×



تتواجد الأجسام الفتيلية (في الأعلى) في الخلايا حيث تمدها بالطاقة. ويكون DNA الأجسام الفتيلية (باللون الأحمر، جهة اليسار) مستقلًا عن الـ DNA النووي الموجود في نواة الخلية.

تحدث الطفرات في DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) بأنماط يمكن توقعها نسبيًا، وتخضع تلك الأنماط للدراسة والمقارنة بواسطة العلماء. ويمكن للعلماء عن طريق مقارنة الطفرات في DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) أن يتتبعوا وراثة DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA). واستنادًا إلى تلك الدراسات على DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA)، فقد حدَّد العلماء أن أحدث سلف مشترك لسكان الأرض اليوم هي "حواء الأجسام الفتيلية". ويُعتقد أن هذه الأخيرة هي امرأة عاشت في أفريقيا قبل حوالي 200,000 عام.

بناءً على نظرية "حواء الأجسام الفتيلية"، تُجرى دراسة دولية لتتبُّع هجرة البشر القدامى وأسلافهم. ويعتمد المشروع على تسلسلات DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) في الإناث، بينما يستخدم تسلسلات من الكروموسوم Y لتتبُّع أسلاف الذكور.

**الكتابة في علم الأحياء**

**ورقة بحثية** قم بإجراء بحث عن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA). اختر أحد جوانب الأبحاث الحالية عن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) واكتب ورقة بحثية عنه.

صممها بنفسك

# تجربة في الأحياء

## هل تؤثر الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي؟

**الخلفية: تحتاج الكائنات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمام تلك العملية. ويتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة من الضوء موجودة في الطيف الضوئي المرئي، ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. ستُصمم في هذا المختبر تجربة لاختبار تأثير الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي.**

**السؤال:** كيف تؤثر الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدلات البناء الضوئي؟

### المواد المحتملة

اختر مواد مناسبة لهذه التجربة.

نبتة مائية

دوارق مخروطية

أنابيب اختبار (15 mL)

أسطوانة مدرجة (10 mL)

مسطرة مترية

ورق سيلوفان مُلون (ألوان مختلفة)

رقائق ألمنيوم

مصباح مزود بعاكس ولمبة بقدرة 150 W

محلول صودا الخبز (0.25%)

ساعة بمؤشر للثواني

### الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

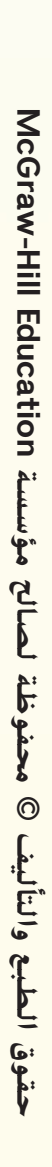
### خطط للتجربة ونفذها

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. توقَّع طريقة تأثير الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي للنبتة الخاصة بك.
3. صمِّم تجربة لاختبار توقعك. واكتب قائمة بالخطوات التي ستتبعها، وحدِّد العوامل الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. اشرح طريقة توليد ضوء بأطوال موجية مختلفة وإمداد النبات بثاني أكسيد الكربون وحساب معدل إنتاج النبات للأكسجين.
5. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على الخطة قبل أن تبدأ.
7. أجرِ تجربتك حسب ما وافق عليها المعلم.
8. **التنظيف والتخلص من المخلفات** نظِّف كل المعدات بحسب توجيهات معلمك وأعِد الأدوات إلى أماكنها الصحيحة. تخلص من مواد النبتة وفق إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

### حلّل واستنتج

1. **حدِّد** العوامل الضابطة والمتغيرات في تجربتك.
2. **اشرح** طريقة حسابك لمعدل البناء الضوئي.
3. **مثِّل** بياناتك بيانيًّا.
4. **صِف** طريقة تأثّر معدل البناء الضوئي بالأطوال الموجية المختلفة للضوء بناءً على بياناتك.
5. **ناقش** ما إذا كانت البيانات تدعم توقعاتك أم لا.
6. **تحليل التباينات** حدِّد المصادر المحتملة للتباينات في تصميم التجربة والإجراءات وجمع البيانات.
7. **اقترح** طريقة تقليل مصادر التباينات هذه إذا كررت التجربة.

كيف يمكن لمجتمع متجدد الريادة في الطاقة والتصميم البيئي ، هل يعد نظام التصنيف للمباني الخضراء حاليا هو الأكثر استخدامًا في العالم؟



# الوحدة 7 دليل الدراسة

**الموضوع المحوري الطاقة** الشمس هي المصدر الرئيس للطاقة على سطح الأرض، وتتحول هذه الطاقة من خلال عملية البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية على المستوى الخلوي.

**الفكرة الرئيسة** تحوِّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين يستخدم التنفُّس الخلوي الطاقة الكيميائية للقيام بالوظائف الحيوية.

## القسم 1 كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة

| | |
|---|---|
| الطاقة | energy |
| الديناميكية الحرارية | thermodynamics |
| الأيض | metabolism |
| البناء الضوئي | photosynthesis |
| التنفس الخلوي | cellular respiration |
| أدينوسين ثلاثي الفوسفات | adenosine triphosphate (ATP) |

**الفكرة الرئيسة** تستخدم جميع الكائنات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

- يحرّك قانونا الديناميكية الحرارية عملية انتقال الطاقة وتحوّلها في الكائنات الحية.
- تصنع بعض الكائنات غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الطعام الذي يبتلعه ويهضمه.
- تخزّن الخلايا الطاقة وتُطلقها من خلال تفاعلات الهدم والبناء المترابطة.
- إنّ الطاقة المنطلقة جرّاء تحلّل جزيء ATP تحرّك الأنشطة الخلوية.

## القسم 2 البناء الضوئي

| | |
|---|---|
| الثايلاكويد | thylakoid |
| الجرانم | granum |
| الحشوة | stroma |
| الصبغة | pigment |
| $NADP^+$ | $NADP^+$ |
| حلقة كالفن | calvin cycle |
| روبيسكو | rubisco |

**الفكرة الرئيسة** أثناء عملية البناء الضوئي، تُحبَس الطاقة الضوئية تحليل وتتحوّل إلى طاقة كيميائية.

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ ماصّة للضوء تُحوِّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمرّ عملية البناء الضوئي بمرحلتين تشملان التفاعلات الضوئية وحلقة كالفن.
- أثناء التفاعلات الضوئية، تمتص الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP وNADPH.
- في حلقة كالفن، تُستخدَم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP وNADPH لبناء الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.

## القسم 3 التنفس الخلوي

| | |
|---|---|
| العملية اللاهوائية | anaerobic process |
| التنفس الهوائي | aerobic respiration |
| العملية الهوائية | aerobic process |
| التحلل السكري | glycolysis |
| دورة كربس | krebs cycle |
| التخمر | fermentation |

**الفكرة الرئيسة** تحصل الكائنات الحية على الطاقة عن طريق تحليل الجزيئات العضوية أثناء عملية التنفُّس الخلوي.

- تستخدم العديد من الكائنات الحية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- تضم عملية التنفس الخلوي ثلاث مراحل. وهي التنفس الخلوي ودورة كربس ونقل الإلكترونات.
- إنّ NADH و $FADH_2$ هما ناقلا إلكترونات مهمين لعملية التنفس الخلوي.
- في غياب الأكسجين، تستطيع الخلايا الإبقاء على عملية التحلل السكري باللجوء إلى التخمُّر.

## القسم 1

### مراجعة المفردات

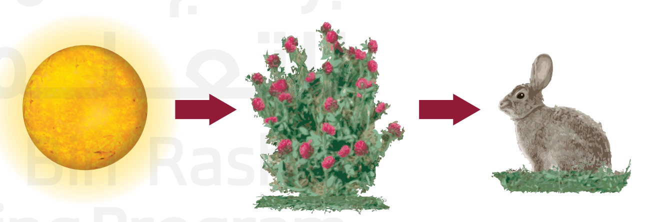
الجمل التالية خطأ. صحح كلًّا منها عبر استبدال الكلمة المائلة بمصطلح من صفحة دليل الدراسة.

1. الأيض جزيء الطاقة في الخلية.
2. إن دراسة انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر تُسمى الطاقة.
3. للطاقة الحيوية أشكال كثيرة.
4. إنّ التفاعلات الكيميائية التي تحوّل الطاقة في الخلية تُسمّى الكائنات ذاتية التغذية.
5. تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

### فهم الأفكار الرئيسة

6. أي مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟
   A. لا تفنى ولا تستحدث
   B. القدرة على بذل شغل
   C. لها أشكال عديدة، منها الكيميائية والضوئية والميكانيكية
   D. تتغير تلقائيًا من عشوائية إلى منظمة
7. أي من الكائنات الحية التالية يعتمد على مصدر خارجي للمركّبات العضوية؟
   A. الكائن الحيّ ذاتي التغذية
   B. الكائن الحيّ غير ذاتي التغذية
   C. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الكيميائية
   D. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الضوئية

استخدم الصورة التالية للإجابة عن السؤال 8.



8. **الموضوع المحوري الطاقة** أي جزء في هذه السلسلة الغذائية يوفّر الطاقة إلى جزء آخر واحد فقط؟
   A. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الكيميائية
   B. الكائن الحيّ غيريّ التغذية
   C. الشمس
   D. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الضوئية

9. ما الذي تخزّنه الخلايا وتطلقه كمصدر رئيس للطاقة الكيميائية؟
   A. ATP
   B. ADP
   C. $NADP^+$
   D. NADPH

### أسئلة ذات إجابات مفتوحة

10. **الفكرة الرئيسة** كيف تختلف الكائنات الحية ذاتية التغذية عن الكائنات الحية غيرية التغذية من حيث طريقة حصولها على الطاقة؟
11. استخدم تشبيهًا لتصف دور جزيء ATP في الكائنات الحية.

### التفكير الناقد

12. **صِف** كيفية انطلاق الطاقة من جزيء ATP.
13. **اربط** بين تفاعلات الهدم والبناء. ثم وضّح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

## القسم 2

### مراجعة المفردات

اكتب مصطلحًا من صفحة دليل الدراسة ينطبق على كل تعريف مما يلي.

14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية
15. مجموعة من أقراص الثايلاكويد
16. جزيء ملون يمتص الضوء
17. عملية تُخزّن خلالها الطاقة في الجزيئات العضوية

### فهم الأفكار الرئيسة

استخدم المعادلة التالية للإجابة عن السؤال 18.

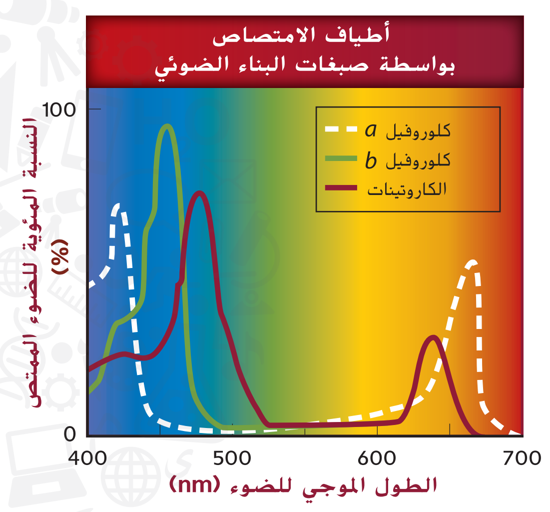
$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{الطاقة}} C_6H_{12}O_6 + ?$$

18. ما ناتج عملية البناء الضوئي الذي ينطلق في البيئة؟
    A. ثاني أكسيد الكربون
    B. الماء
    C. الأكسجين
    D. الأمونيا

**19.** أي مما يلي يُمثّل الغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء المنظَم في صورة أكياس غشائية مسطحة؟

A. الثايلاكويد
B. الأجسام الفتيلية
C. الكيس (الغِمد)
D. الحشوة

استخدم الصورة التالية للإجابة عن السؤال *20*.




**20.** من أي طول موجيّ للضوء تمتص الكاروتينات النسبة المئوية الأكبر من الضوء؟

A. 400
B. 500
C. 600
D. 700

**21.** أي مما يلي يُعدّ مصدر الطاقة اللازم لبناء الكربوهيدرات خلال حلقة كالفن؟

A. $CO_2$ و ATP
B. ATP و NADPH
C. NADPH و $H_2O$
D. $H_2O$ و $O_2$

## أسئلة ذات إجابات قصيرة

**22.** الفكرة الرئيسة لخّص مراحل عملية البناء الضوئي. ثم حدّد موقع حدوث كل مرحلة في البلاستيدة الخضراء.

**23.** لماذا يُعدّ إطلاق أيونات الهيدروجين ضروريًّا في إنتاج ATP خلال عملية البناء الضوئي؟

**24.** اشرح سبب اعتماد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية.

## التفكير الناقد

**25.** **اشرح** العبارة التالية: إنّ الأكسجين المنطلق من عملية البناء الضوئي هو مجرد ناتج ثانوي يتكوّن أثناء إنتاج جزيئات ATP والكربوهيدرات.

**26.** **توقَّع** تأثير قطع الغابات في عملية التنفس الخلوي لدى الكائنات الحية الأخرى.

**27.** **صِف** مسارين بديلين لعملية البناء الضوئي في النباتات. اقترح الطريقة التي يمكن لهذين النوعين من التكيّف أن يساعدا بها النباتات.

## القسم 3

### مراجعة المفردات

عرّف المفردات التالية بجملة تامة.

**28.** دورة كربس

**29.** العملية اللاهوائية

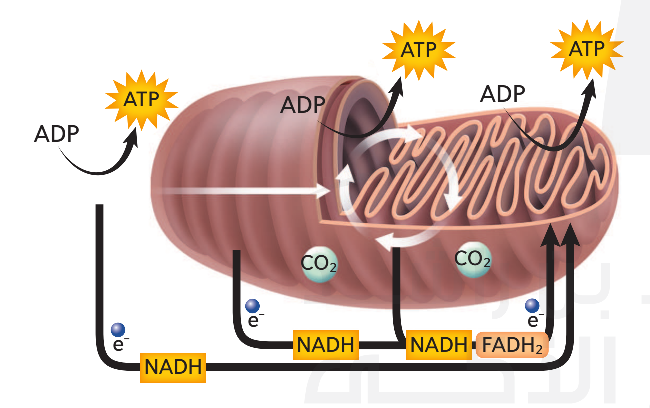
**30.** التخمّر

**31.** هوائي

**32.** التحلل السكري

### فهم الأفكار الرئيسة

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين *33* و *34*.




**33.** ما العضية التي يبيّنها الشكل أعلاه؟

A. جهاز جولجي
B. الجسم الفتيلي (الميتوكوندريا)
C. النواة
D. الشبكة البلازمية الداخلية الملساء

**34.** ما العملية التي لا تحدث في العضية المبيّنة في الشكل أعلاه؟

A. التحلل السكري
B. دورة كربس
C. تحوّل البيروفات إلى أسيتيل مرافق الإنزيم A (CoA)
D. نقل الإلكترونات

35. أي مما يلي ليس من مراحل التنفُّس الخلوي؟
A. التحلل السكري
B. دورة كربس
C. سلسلة نقل الإلكترون
D. تخمّر حمض اللاكتيك

36. ما الذي يُنتَج عندما تغادر الإلكترونات سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وترتبط مع المستقبِل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟
A. $H_2O$
B. $O_2$
C. $CO_2$
D. CO

37. في أي جزيء تُخزّن معظم الطاقة الناتجة عن الجلوكوز عند نهاية عملية التحلل السكري؟
A. البيروفات
B. الأسيتيل مرافق الإنزيم A
C. ATP
D. NADH

## أسئلة ذات إجابات قصيرة

38. ناقش دور كل من NADH و $FADH_2$ في عملية التنفس الخلوي.

39. أثناء عملية التنفس الخلوي، ما مصدر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون؟ وما وجهتها النهائية؟

40. لماذا تشعر بألم في عضلاتك بعد القيام بالكثير من التمارين الشديدة؟

## التفكير الناقد

41. **اشرح** النواتج النهائية في عملية التنفس الخلوي هي $CO_2$ و $H_2O$. من أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء $CO_2$؟ ومن أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء $H_2O$؟

42. الفكرة الرئيسة ما مزايا الأيض الهوائي مقارنة بالأيض غير الهوائي من حيث إنتاج الطاقة في الكائنات الحية؟

43. **قارن وقابل** بين نقل الإلكترون في كلٍّ من عمليتَي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

## التقويم الختامي

44. الفكرة الرئيسة ما المعادلات الكيميائية اللازمة لحدوث عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي؟ حلِّل العلاقة بين عمليتَي البناء الضوئي والتنفس الخلوي باستخدام معادلات كلتا العمليتين.

45. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالة توضح فيها أهمية النباتات في النظام البيئي باستخدام ما تعرفه عن العلاقة بين عمليتَي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

**أسئلة حول مستند** يعدّ الكادميوم من المعادن الثقيلة السامة للإنسان والنبات والحيوان. وعادةً ما يكون موجودًا كأحد الملوثات في التربة. استخدم البيانات التالية لتجيب عن الأسئلة المتعلقة بتأثير الكادميوم في عملية البناء الضوئي في نبات الطماطم.

أخذت البيانات من: Chaffei, C., et al. 2004. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant and Cell Physiology* 45(11): 1681–1693.




46. كيف أثّر الكادميوم في حجم الورقة ومحتوى الكلوروفيل وسرعة عملية البناء الضوئي؟

47. أي تركيز من الكادميوم كان له التأثير الأكبر في حجم الورقة؟ وفي محتوى الكلوروفيل؟ وفي سرعة عملية البناء الضوئي؟

48. توقَّع تأثيرات الكادميوم في عملية التنفس الخلوي في حال أكل حيوانٌ ما طماطم ملوّثة به.

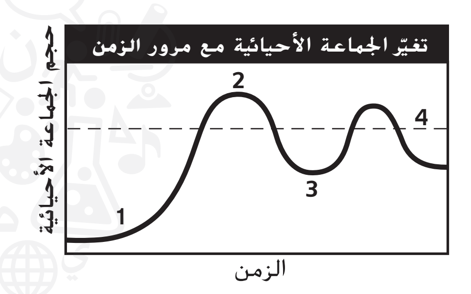
# تدريب على الاختبار المعياري

**تراكمي**

## اختيار من متعدد متوافق مع SAT & PISA

**1.** افترض أن الشكل الأكثر شيوعًا للعنصر X هو X-97. ما الذي يحتوي عليه نظيره X-99 بكمية أكبر؟
A. النيوترونات
B. البروتونات
C. الإلكترونات الدوارة
D. الشحنة الإجمالية

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال *2*.



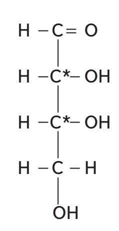

**2.** ما الجزء الذي يؤشر إلى النمو الأسي في الرسم البياني؟
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

**3.** ما نوع النقل الذي **لا** يتطلب طاقة إضافية؟
A. النقل النشط
B. الانتشار
C. البلعمة (الالتقام)
D. الإخراج الخلوي

**4.** أي من الخطوات التالية يحدث خلال حلقة كالفن؟
A. تكوّن جزيئات ATP
B. تكوّن السكريات سداسية الكربون
C. إطلاق غاز الأكسجين
D. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$

**5.** أي مما يلي يصف حالات الانقراض التي حدثت بسبب قطع الغابات الاستوائية المطيرة؟
A. تلوث النظام البيئي
B. تدمير الموطن البيئي
C. الأنواع الدخيلة
D. الاستغلال الجائر للأنواع

استخدم المخطط أدناه للإجابة عن السؤال *6*.




**6.** بناءً على هذا المخطط، أي مما يلي يُعدّ صيغة جزيئية صحيحة إذا كان للجزيء المبيَّن أعلاه ست ذرات من الكربون؟
A. $C_6H_8O_4$
B. $C_6H_{10}O_6$
C. $C_6H_{12}O_4$
D. $C_6H_{12}O_6$

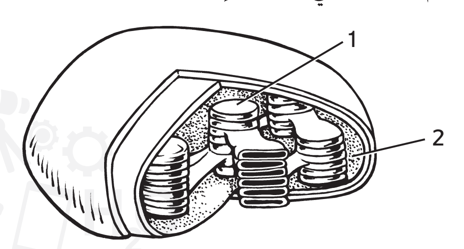
**7.** أي من المسارات التالية لتحوّل الطاقة يحدث فقط في الكائنات ذاتية التغذية؟
A. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية
B. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية
C. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية
D. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية

**8.** أي من العبارات التالية تدعمها نظرية الخلية؟
A. تتكون الخلايا من البروتينات الموجودة في البيئة.
B. تحتوي الخلايا على عضيات مرتبطة بالغشاء.
C. تتكون أشكال الحياة من خلية واحدة أو أكثر.
D. تُعدّ العضيات أصغر أشكال الحياة.

**9.** أي من المراحل التالية للطريقة العلمية تُقيِّم الإجراءات المستخدمة في تجربة ما؟
A. تكوين فرضية
B. نشر النتائج
C. إجراء الملاحظات
D. مراجعة الأقران

## أسئلة ذات إجابات قصيرة متوافقة مع SAT & PISA

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤال 10.




**10.** يبيّن هذا الرسم بلاستيدة خضراء. قم بتسمية الجزأين الظاهرين في الرسم، ثم حدد مرحلة البناء الضوئي التي تحدُث في كل منهما.

**11.** قارن وقابل بين تركيب كل من جدار الخلية وغشاء الخلية.

**12.** اربط بين الروابط الموجودة بين مجموعات الفوسفات في جزيء ATP وانطلاق الطاقة عندما يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP.

**13.** اذكر ثلاثة مكونات في الغشاء البلازمي للخلية، ثم وضّح أهمية كل منها لوظيفة الخلية.

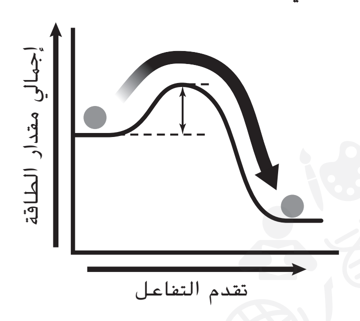
**14.** ما نوع الخليط الذي يتكوّن بعد تحريك كمية صغيرة من ملح الطعام في الماء إلى أن يذوب كليًا؟ حدّد مكونات هذا الخليط.

**15.** في أي جزء من النبات تتوقع أن تجد خلايا تحتوي على أكبر كمية من البلاستيدات الخضراء؟ اشرح إجابتك.

**16.** عادةً ما يتحدث عدّاؤو المسافات الطويلة عن التدريب لرفع عتبتهم اللاهوائية. وتُعتَبر العتبة اللاهوائية النقطة التي لا تحصل فيها عضلات معيّنة على كمية كافية من الأكسجين للقيام بالتنفس الهوائي لذا تبدأ بالقيام بالتنفس اللاهوائي. كوّن فرضية توضّح فيها رأيك في أهمية رفع العتبة اللاهوائية للعدائين المتنافسين.

## أسئلة ذات إجابات مفتوحة متوافقة مع SAT & PISA

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 17.




**17.** يبيّن هذا الرسم البياني تأثير إنزيم معيَّن يعمل على تحليل البروتينات في الجهاز الهضمي. كوّن فرضية عن طريقة هضم البروتين عند شخص ليس لديه هذا الإنزيم.

**18.** ما العضية التي تتوقع وجودها بأعداد كبيرة في الخلايا التي تضخ حمض المعدة إلى الخارج عكس اتجاه منحدر التركيز؟ قدّم سببًا يوضح إجابتك.

## سؤال مقالي

يتفاعل جسم الإنسان بصورة مستمرة مع البيئة، حيث يحصل على بعض المواد ويخرج مواد أخرى. إن العديد من المواد التي يحصل عليها الإنسان يضطلع بدور محدد في الحفاظ على العمليات الخلوية الأساسية، مثل التنفس ونقل الأيونات وبناء جزيئات ضخمة متنوعة. كذلك، فإن العديد من المواد التي يخرجها الإنسان هي فضلات ناتجة عن العمليات الخلوية.

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال التالي في صورة مقال.

**19.** اكتب مقالًا توضح فيه طريقة حصول الإنسان على المواد الضرورية لعملية التنفس الخلوي وطريقة تخلصه من فضلات هذه العملية.